

BEST AVAILABLE COPY

PCT/IB 05 / 01144

(28.04.05)

日本国特許庁 PCT/IB05/01144
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 28 APR 2005

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2004年 4月30日
Date of Application:

出願番号 特願2004-135088
Application Number:

[ST. 10/C] : [JP 2004-135088]

出願人 トヨタ自動車株式会社
Applicant(s):

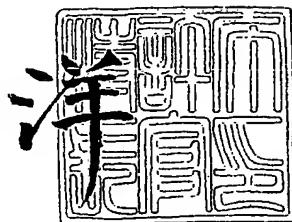
**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



出証番号 出証特2004-3070296

【書類名】 特許願
【整理番号】 1034638
【提出日】 平成16年 4月30日
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿
【国際特許分類】 F02M 47/00
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 【氏名】 太長根 嘉紀
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 【氏名】 大前 和広
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊
 田中央研究所内
 【氏名】 堀田 義博
【特許出願人】
 【識別番号】 000003207
 【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100099759
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 青木 篤
 【電話番号】 03-5470-1900
【選任した代理人】
 【識別番号】 100092624
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 鶴田 準一
【選任した代理人】
 【識別番号】 100102819
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 島田 哲郎
【選任した代理人】
 【識別番号】 100082898
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 西山 雅也
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 008268
 【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0306635

【書類名】特許請求の範囲**【請求項1】**

内燃機関の燃焼室に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、所定圧力の燃料を貯蔵し前記燃料噴射弁に供給するコモンレールと、前記コモンレールから燃料噴射弁に供給される燃料の圧力をコモンレール内の燃料圧力より高い所定の増圧圧力まで昇圧する増圧手段とを備え、必要に応じて前記増圧手段を作動させて燃料噴射弁からの燃料噴射圧力を増大させる増圧燃料噴射を行う増圧コモンレール式燃料噴射装置の、燃料噴射特性を制御する燃料噴射制御方法であって、

前記増圧燃料噴射時に、まず機関運転状態に応じて前記燃料噴射弁からの燃料噴射量を決定し、

前記決定された燃料噴射量と機関回転数とを用いて、予め定めた関係に基づいて前記増圧手段作動開始から燃料噴射開始までの時間間隔として定義される増圧時間を決定する、増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法。

【請求項2】

前記増圧燃料噴射時に、機関運転状態にかかわらず前記コモンレール内の燃料圧力を一定のベースレール圧に制御するとともに、燃料噴射量と機関回転数とを用いて予め定めた関係に基づいて燃料噴射開始時期を決定し、決定された燃料噴射開始時期と前記増圧時間とに基づいて増圧手段作動開始時期を決定する、請求項1に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法。

【請求項3】

前記増圧時間は、増圧手段作動開始より前に燃料噴射が開始される場合には負の値として、増圧手段作動開始後に燃料噴射が開始される場合には正の値として、それぞれ定義される、請求項2に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法。

【請求項4】

前記増圧手段作動開始時期と燃料噴射時期との関係は、機関運転状態に応じて、

- (1) 機関軽負荷運転時には、増圧手段作動開始前に燃料噴射を終了し、
- (2) 機関中負荷運転時には、増圧手段作動開始前に燃料噴射を開始して増圧手段作動開始後、かつ燃料圧力が前記増圧圧力に到達する前に燃料噴射を終了し、
- (3) 機関の最大トルク発生点付近の運転では、増圧手段作動開始後、かつ燃料圧力が前記増圧圧力に到達する前に燃料噴射を開始し、燃料圧力が前記増圧圧力に到達した後に燃料噴射を終了し、
- (4) 機関の最大出力発生点付近の運転では、増圧手段作動開始後、かつ燃料圧力が前記増圧圧力に到達後に燃料噴射を開始する、

ように設定される、請求項3に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法。

【請求項5】

前記増圧手段作動開始前に燃料噴射を終了する場合には、増圧手段の作動を禁止する請求項2から4のいずれかに記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法。

【請求項6】

必要に応じて、前記増圧燃料噴射と、増圧手段を非作動状態とする通常圧力燃料噴射とを切換えるとともに、前記ベースレール圧を増圧燃料噴射を行う際の最低燃料噴射圧力に等しく設定し、前記通常圧力燃料噴射を行う際に前記ベースレール圧より低い燃料噴射圧力が要求される場合には、コモンレールに設けた減圧弁を開弁することによりコモンレール内燃料圧力をベースレール圧より低い値に設定する、請求項2から4のいずれか1項に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法。

【請求項7】

必要に応じて、前記増圧燃料噴射と、増圧手段を非作動状態とする通常圧力燃料噴射とを切換えるとともに、増圧燃料噴射を行う際の最低燃料噴射圧力を前記ベースレール圧に等しく設定し、前記通常圧力燃料噴射を行う際に前記ベースレール圧より低い燃料噴射圧

力が要求される場合には、コモンレールに燃料を供給する高圧燃料噴射ポンプの吐出流量を制御することにより、コモンレール内燃料圧力をベースレール圧より低い値に設定する、請求項2から4のいずれか1項に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法。

【請求項8】

機関高負荷運転側の第1の運転領域では前記増圧燃料噴射を行い、前記第1の運転領域より低負荷側の第2の運転領域では燃料噴射圧力を前記ベースレール圧より低い値に設定した通常圧力燃料噴射を行うとともに、前記第1と第2の運転領域の中間の負荷領域にコモンレール内燃料圧力をベースレール圧に設定し増圧手段を非作動とした燃料噴射を行う運転領域を設けた、請求項6または7に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法。

【請求項9】

更に、前記増圧燃料噴射時に、燃料噴射弁の開弁時間を前記増圧時間と燃料噴射量とを用いて予め定めた関係に基づいて決定する、請求項2に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法。

【請求項10】

前記増圧燃料噴射時には燃料噴射弁の開弁時間を前記増圧時間と燃料噴射量とを用いて予め定めた関係に基づいて決定し、前記通常圧力燃料噴射時には燃料噴射弁の開弁時間をコモンレール内燃料圧力と燃料噴射量とを用いて予め定めた関係に基づいて決定する、請求項6から8のいずれか1項に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法。

【請求項11】

前記増圧燃料噴射時に、燃料噴射弁からの燃料噴射終了と同時に増圧手段の作動を停止する、請求項2に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法。

【請求項12】

前記増圧燃料噴射時に、燃料噴射弁からの燃料噴射終了より前に増圧手段の作動を停止する、請求項2に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料噴射制御方法に関し、詳細にはコモンレールから供給された燃料を更に昇圧して燃料噴射弁から噴射する増圧手段を備えた増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

燃料ポンプから供給された高圧の燃料をコモンレール（蓄圧室）に貯留し、この燃料を内燃機関の各気筒に設けた気筒内燃料噴射弁に供給し、気筒燃焼室に直接噴射する、いわゆるコモンレール式燃料噴射装置が一般に知られている。

【0003】

コモンレール式燃料噴射装置では、コモンレール圧力を任意の圧力に制御することができるため、燃料噴射弁からの噴射率を機関運転状態に応じて適切な値に制御し機関運転状態にかかわらず気筒内燃焼状態を良好に維持することが可能となる。

【0004】

特に、直噴式のディーゼルエンジンでは気筒内への燃料噴射を行うことができる期間がピストンの位置との関係で制限されるため、機関の高回転運転時には実際に燃料噴射を行うことができる時間が極めて短くなり、多量の燃料を気筒に供給することが困難になる場合がある。しかし、コモンレール式燃料噴射装置では機関回転数にかかわらず燃料噴射圧力を高圧に維持することができるため、短時間に多量の燃料を燃焼室内に供給することができる。このため、コモンレール式燃料噴射装置を用いることによりディーゼルエンジンを高回転高出力化することが可能となっている。

【0005】

一方、ディーゼルエンジンの過給が一般に行われるようになった結果、過給とともに噴射量の増大による更なるディーゼルエンジンの高出力化の要求が高まり、燃料噴射圧力を更に高圧にして気筒内に供給する燃料量を更に増大することが要求されるようになっている。

【0006】

ところが、コモンレール式燃料噴射装置においては、コモンレール燃料圧力は既に限界近くまで高圧（例えば、180 MPa程度）に設定されており、これ以上コモンレール燃料圧力を増大させるためには、燃料ポンプ、コモンレール、デリバリ配管などの全ての燃料噴射系要素の設計圧力を増大させる必要がある。しかし、現実にはコスト増大や信頼性の低下等の問題を考慮した場合、全ての燃料噴射要素の設計圧力を増大させることは実際的でない。

【0007】

そこで、この問題を解決するためにコモンレール内燃料圧力は従来と同程度もしくは従来より低い圧力に設定し、コモンレールから燃料噴射弁に供給される燃料をできるだけ燃料噴射弁の噴孔に近い部分で更に昇圧する増圧装置を使用する、増圧コモンレール式燃料噴射装置が提案されている。

【0008】

増圧コモンレール式燃料噴射装置では、コモンレールから燃料噴射弁に供給される燃料をさらに昇圧する増圧装置を用いたことにより燃料ポンプ、コモンレールなどの要素の設計圧力は従来と同程度（若しくはそれより低い圧力）に設定しながら、増圧装置から燃料噴射弁に至る部分のみ設計圧力を高く設定するだけで、燃料噴射弁の実際の燃料噴射圧力を更に高圧（例えば、250 MPa程度）に設定することができるため、コストの大額な上昇を抑制しつつ燃料噴射圧力を増大することが可能となっている。

【0009】

この種の増圧装置を用いた増圧コモンレール式燃料噴射装置の例としては、特許文献1

に記載されたものがある。

【0010】

特許文献1の増圧コモンレール式燃料噴射装置では、増圧装置としてコモンレールと燃料噴射弁噴射孔との間に配置された増圧ピストンを有する増圧ユニットが使用されている。増圧ピストンは大径の受圧ピストンと小径の加圧ピストンとを連結した構成とされ、受圧ピストンと加圧ピストンとの面積比に応じて燃料を加圧するものである。すなわち、増圧ピストンでは、大径の受圧ピストン側にコモンレール内の燃料圧力を作用させることにより小径の加圧ピストンで加圧室内にコモンレールから供給される燃料を加圧し、燃料噴射弁に供給する燃料圧力を大径ピストンと小径ピストンとの面積比により定まるコモンレール燃料圧力より高い圧力まで昇圧することが可能となっている。

【0011】

【特許文献1】特表2002-539372号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

特許文献1の排気浄化装置では、増圧装置により燃料噴射弁に供給する燃料圧力を昇圧することにより、燃料噴射装置全体の要素の設計圧力を増大させることなく燃料噴射圧力を増大することが可能となっている。

ところが、増圧装置を設けて燃料噴射圧力を増大させた場合には従来のコモンレール式燃料噴射装置と同様な燃料噴射制御を行うと制御が複雑になる問題がある。

【0013】

従来のコモンレール式燃料噴射装置では、コモンレール容積が1回の燃料噴射量に較べて十分に大きいため、燃料噴射期間（燃料噴射弁の開弁期間）を通じて燃料噴射弁に供給される燃料圧力は一定になっていた。

そこで、従来のコモンレール式燃料噴射装置では、機関運転条件（アクセル開度（アクセルペダルの踏み込み量）と機関回転数）に基づいて、予め作成した数値テーブル（マップ）を用いて、まず燃料噴射量を決定し、決定した燃料噴射量と機関回転数とを用いて、これも予め準備したそれぞれ燃料噴射量と機関回転数とをパラメータとした別個のマップから必要とされるコモンレール燃料圧力（燃料噴射圧力）と噴射時期（噴射開始時期）とを決定していた。また、燃料噴射時間（燃料噴射弁の開弁時間）は、燃料噴射量とコモンレール圧力をパラメータとしたマップにより決定されていた。

【0014】

これに対して、特許文献1のような増圧ピストンを有する増圧コモンレール式燃料噴射装置を使用した場合には、燃料圧力は増圧装置の作動開始後、最終的な圧力（増圧圧力）まで上昇するのである程度の時間を要し、増圧圧力に到達するまでは時間とともに燃料圧力が変化（上昇）する。このため、燃料噴射時間が増圧時の圧力上昇中に重なると燃料噴射中に燃料噴射圧力が変化することになる。

【0015】

このため、例えば燃料噴射量と機関回転数とから目標燃料圧力を決定しても、実際の燃料噴射圧力が上記目標燃料圧力になるタイミングを決定するためには、増圧手段作動開始から燃料噴射開始までの時間（増圧時間）における燃料圧力上昇と、増圧開始時期とを考慮した複雑な計算を再計算する必要がある。

【0016】

更に、燃料噴射時間を燃料噴射量とコモンレール圧力をパラメータとしたマップにより決定する従来の方法では、噴射中に燃料噴射圧力が変化する場合（噴射率が変化する場合）には、どの時点の燃料圧力を用いるかにより燃料噴射時間が異なってくるため、例えば増圧時の燃料噴射圧力の変化パターンや噴射開始時期に応じた多数のパラメータを用いたマップが必要となり、燃料噴射時間の算出が煩雑になる。

このため、増圧コモンレール式燃料噴射装置を用いた場合に従来と同様なマップを用いて燃料噴射制御を行おうとすると、制御が複雑化してしまう問題が生じるのである。

【0017】

本発明は上記問題に鑑み、増圧コモンレール式燃料噴射装置を用いた場合にも、マップやパラメータの数の増大を生じず、制御を簡素化することが可能となる増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】**【0018】**

請求項1に記載の発明によれば、内燃機関の燃焼室に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、所定圧力の燃料を貯蔵し前記燃料噴射弁に供給するコモンレールと、前記コモンレールから燃料噴射弁に供給される燃料の圧力をコモンレール内の燃料圧力より高い所定の増圧圧力まで昇圧する増圧手段とを備え、必要に応じて前記増圧手段を作動させて燃料噴射弁からの燃料噴射圧力を増大させる増圧燃料噴射を行う増圧コモンレール式燃料噴射装置の、燃料噴射特性を制御する燃料噴射制御方法であって、前記増圧燃料噴射時に、まず機関運転状態に応じて前記燃料噴射弁からの燃料噴射量を決定し、前記決定された燃料噴射量と機関回転数とを用いて、予め定めた関係に基づいて前記増圧手段作動開始から燃料噴射開始までの時間間隔として定義される増圧時間を決定する、増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法が提供される。

【0019】

すなわち、請求項1の発明では、従来と同様にアクセル開度、機関回転数などの機関運転状態に応じて予め定めた数値マップなどにより燃料噴射量が決定されると、次に決定された燃料噴射量と機関回転数とに基づいて予め定めた関係（例えば数値マップなど）により増圧時間が決定される。

【0020】

増圧手段による増圧が開始されると、燃料噴射弁に供給される燃料圧力は上昇を開始し、ある時間が経過するとコモンレール圧力より高い所定の増圧圧力に到達して一定になる。増圧を開始してからの燃料圧力の時間的変化はコモンレール圧力や増圧手段の諸元などにより異なってくるが、コモンレール圧力と増圧手段の諸元が定まれば増圧開始（例えば増圧手段に指令信号出力時）後の燃料圧力は増圧開始後の経過時間のみにより決定される。

【0021】

従って、この場合には増圧手段作動開始時（実際の燃料圧力上昇開始時）から燃料噴射開始時までの時間として定義される増圧時間が定まれば、燃料噴射開始時の燃料噴射圧力とその後の燃料噴射圧力の変化が定まることになり、燃料噴射特性（例えば燃料噴射率の変化）は増圧時間のみにより表す事ができる。

【0022】

本発明では、各コモンレール圧力毎に機関回転数と要求される燃料噴射量とに応じて最適な燃料噴射率などの燃料噴射特性が得られる増圧時間を予め求めておき、実際の燃料噴射制御では燃料噴射量と機関回転数とから必要とされる増圧時間を決定する。

これにより、増圧燃料噴射を行う際にも演算用のパラメータの数の増大や制御の複雑化を生じることなく簡易に燃料噴射特性を制御することが可能となる。

【0023】

なお、燃料噴射量と機関回転数に応じた、最適な燃料噴射特性を与える増圧時間は、例えば、予め実際の燃料噴射装置を用いた実験を行うことなどにより求めておき、燃料噴射量と機関回転数とをパラメータとした3次元数値マップなどの形で制御装置に格納しておくことができる。

【0024】

請求項2に記載の発明によれば、前記増圧燃料噴射時に、機関運転状態にかかわらず前記コモンレール内の燃料圧力を一定のベースレール圧に制御するとともに、燃料噴射量と機関回転数とを用いて予め定めた関係に基づいて燃料噴射開始時期を決定し、決定された燃料噴射開始時期と前記増圧時間とに基づいて増圧手段作動開始時期を決定する、請求項1に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法が提供される。

【0025】

すなわち、請求項2の発明では増圧燃料噴射時のコモンレール内圧力は機関運転状態にかかわらず一定のベースレール圧に設定される。これにより、燃料噴射量と機関回転数とから増圧時間を決定する際にコモンレール圧毎のマップを持つ必要がなくなるため、増圧時間の算出が簡素化される。

【0026】

また、本発明においても燃料噴射時期（燃料噴射開始時期）は従来と同様に燃料噴射量と機関回転数とから定まるが、燃料噴射時期が定まると上記により算出した増圧時間から直ちに増圧開始時期が決定されるため、増圧開始時期の算出が容易になる。

これにより、本発明では増圧燃料噴射を行う際にも演算用のパラメータの数の増大や制御の複雑化を生じることなく簡易に燃料噴射特性を制御することが可能となる。

【0027】

請求項3に記載の発明によれば、前記増圧時間は、増圧手段作動開始より前に燃料噴射が開始される場合には負の値として、増圧手段作動開始後に燃料噴射が開始される場合には正の値として、それぞれ定義される、請求項2に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法が提供される。

【0028】

すなわち、請求項3の発明では増圧時間は正負両方の値を取るように定義されている。これにより、増圧手段作動開始より前に燃料噴射が開始される場合（すなわち、燃料噴射期間中にベースレール圧での燃料噴射を含む場合）と増圧手段作動開始後に燃料噴射が開始される場合との両方を一つの数値マップまたは関係式で表すことが可能となるため、増圧燃料噴射時の燃料噴射特性制御が更に簡素化される。

【0029】

請求項4に記載の発明によれば、前記増圧手段作動開始時期と燃料噴射時期との関係は、機関運転状態に応じて、（1）機関軽負荷運転時には、増圧手段作動開始前に燃料噴射を終了し、（2）機関中負荷運転時には、増圧手段作動開始前に燃料噴射を開始して増圧手段作動開始後、かつ燃料圧力が前記増圧圧力に到達する前に燃料噴射を終了し、（3）機関の最大トルク発生点付近の運転では、増圧手段作動開始後、かつ燃料圧力が前記増圧圧力に到達する前に燃料噴射を開始し、燃料圧力が前記増圧圧力に到達した後に燃料噴射を終了し、（4）機関の最大出力発生点付近の運転では、増圧手段作動開始後、かつ燃料圧力が前記増圧圧力に到達後に燃料噴射を開始する、ように設定される、請求項3に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法が提供される。

【0030】

すなわち、請求項4の発明では機関運転状態に応じて増圧時間が変更される。例えば、（1）機関軽負荷時には増圧手段を用いずにコモンレール燃料圧力のみで燃料噴射が行われ、（2）機関中負荷運転時には、コモンレール燃料圧力で燃料噴射を開始し、燃料噴射途中から増圧を開始するが噴射圧力が最終的な増圧圧力に到達する前に燃料噴射を終了する。また、（3）機関の最大トルク発生点付近では増圧途中から燃料噴射を開始し、燃料噴射中に燃料噴射圧力が増圧圧力に到達するようにし、（4）機関の最大出力発生点付近では、燃料噴射開始から終了まで増圧圧力での燃料噴射が行われる。

【0031】

本発明では、機関運転状態に応じて増圧時間を変更しているため、燃料噴射開始から終了までの燃料噴射圧力の変化パターンは機関運転状態に応じて変更される。このため、本発明では、機関運転状態に応じて燃料噴射率を最適な値に設定し、運転状態にかかわらず機関の燃焼状態を最適に維持することが可能となる。

【0032】

請求項5に記載の発明によれば、前記増圧手段作動開始前に燃料噴射を終了する場合は、増圧手段の作動を禁止する請求項2から4のいずれかに記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法が提供される。

【0033】

すなわち、請求項5の発明では、燃料噴射時に増圧手段を作動させない燃料噴射（ベースレール圧での燃料噴射）時には、増圧手段の作動を禁止する。増圧手段を作動させると、増圧手段駆動のための動力や作動油として用いるリーク燃料油の消費量が増大する。このため、ベースレール圧で燃料噴射を行う場合に増圧手段の作動を禁止することにより、動力やリーク燃料量の増大が防止される。

【0034】

請求項6に記載の発明によれば、必要に応じて、前記増圧燃料噴射と、増圧手段を非作動状態とする通常圧力燃料噴射とを切換えるとともに、前記ベースレール圧を増圧燃料噴射を行う際の最低燃料噴射圧力に等しく設定し、前記通常圧力燃料噴射を行う際に前記ベースレール圧より低い燃料噴射圧力が要求される場合には、コモンレールに設けた減圧弁を開弁することによりコモンレール内燃料圧力をベースレール圧より低い値に設定する、請求項2から4のいずれか1項に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法が提供される。

【0035】

すなわち、請求項6の発明では、ベースレール圧は増圧燃料噴射を行う際の最も低い燃料噴射圧力に等しく設定されるため、増圧燃料噴射時の最低圧力とベースレール圧とが大きく離れている場合に較べて増圧手段の増圧比（増圧圧力とコモンレール圧力との比）を小さく設定することが可能となる。

これにより、増圧手段の駆動動力と増圧手段作動のためのリーク燃料量を低減することが可能となる。

【0036】

請求項7に記載の発明によれば、必要に応じて、前記増圧燃料噴射と、増圧手段を非作動状態とする通常圧力燃料噴射とを切換えるとともに、増圧燃料噴射を行う際の最低燃料噴射圧力を前記ベースレール圧に等しく設定し、前記通常圧力燃料噴射を行う際に前記ベースレール圧より低い燃料噴射圧力が要求される場合には、コモンレールに燃料を供給する高圧燃料噴射ポンプの吐出流量を制御することにより、コモンレール内燃料圧力をベースレール圧より低い値に設定する、請求項2から4のいずれか1項に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法が提供される。

【0037】

すなわち、請求項7の発明では、請求項6と同様にベースレール圧は増圧燃料噴射を行う際の最も低い燃料噴射圧力に等しく設定されるため、増圧手段の増圧比（増圧圧力とコモンレール圧力との比）を小さく設定することが可能となり、増圧手段の駆動動力と増圧手段作動のためのリーク燃料量を低減することが可能となる。

【0038】

また、本発明では通常圧力燃料噴射時に燃料噴射圧力をベースレール圧より低く設定する場合には、減圧弁を用いることなくコモンレールへの燃料供給量を制御（低減）することによりコモンレール圧力を低下させるようにすることにより、高圧燃料の無駄な供給を防止し、高圧燃料噴射ポンプの駆動力を低減することが可能となる。

【0039】

請求項8に記載の発明によれば、機関高負荷運転側の第1の運転領域では前記増圧燃料噴射を行い、前記第1の運転領域より低負荷側の第2の運転領域では燃料噴射圧力を前記ベースレール圧より低い値に設定した通常圧力燃料噴射を行うとともに、前記第1と第2の運転領域の中間の負荷領域にコモンレール内燃料圧力をベースレール圧に設定し増圧手段を非作動とした燃料噴射を行う運転領域を設けた、請求項6または7に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法が提供される。

【0040】

すなわち、請求項8の発明では高負荷の運転領域では増圧燃料噴射を行い、低負荷運転領域では通常圧力燃料噴射、中間負荷領域では増圧手段を用いない燃料噴射が行われる。このため、実際の運転では、広い運転領域で通常圧力燃料噴射が行われるようになり増圧手段の作動による消費動力やリーク燃料の増大が防止される。

【0041】

また、前述したようにベースレール圧は増圧燃料噴射を行う場合の最低燃料噴射圧力に設定されているため、ベースレール圧より低圧の通常圧力燃料噴射からベースレール圧での増圧燃料噴射を経て増圧圧力での増圧燃料噴射まで機関運転状態に応じて燃料噴射圧力を連続して変化させることが可能となる。

【0042】

請求項9に記載の発明によれば、更に、前記増圧燃料噴射時に、燃料噴射弁の開弁時間を前記増圧時間と燃料噴射量とを用いて予め定めた関係に基づいて決定する、請求項2に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法が提供される。

【0043】

すなわち、請求項9の発明では燃料噴射弁の開弁時間（燃料噴射期間）は増圧時間と燃料噴射量とにに基づいて決定される。従来コモンレール式燃料噴射装置では燃料噴射期間はコモンレール圧力（燃料噴射圧力）と燃料噴射量とを用いた数値マップから決定していたが、増圧コモンレール式燃料噴射装置では燃料噴射中に燃料噴射圧力が変化するため従来と同様な方法で燃料噴射期間を決定することは困難である。

【0044】

一方、本発明ではコモンレール圧力は一定値（ベースレール圧）に設定されているため、増圧時間が定まれば燃料噴射中の燃料噴射圧力の変化が決定されるため、燃料噴射期間は燃料噴射量と増圧時間のみによって表すことができる。このため、例えば予め実際の燃料噴射弁を用いた実験等により、燃料噴射量と増圧時間との組み合わせを変えた場合の燃料噴射期間を求めて燃料噴射量と増圧時間とをパラメータとする数値マップの形などで保持しておくことにより、機関運転中に増圧時間と燃料噴射量とから簡易に燃料噴射弁の開弁時間（燃料噴射期間）を算出することができる。

【0045】

請求項10に記載の発明によれば、前記増圧燃料噴射時には燃料噴射弁の開弁時間を前記増圧時間と燃料噴射量とを用いて予め定めた関係に基づいて決定し、前記通常圧力燃料噴射時には燃料噴射弁の開弁時間をコモンレール内燃料圧力と燃料噴射量とを用いて予め定めた関係に基づいて決定する、請求項6から8のいずれか1項に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法が提供される。

【0046】

すなわち、請求項10の発明では増圧燃料噴射時には燃料噴射期間を増圧時間と燃料噴射量とを用いて決定する燃料噴射制御を、通常圧力燃料噴射時には燃料噴射期間をコモンレール内燃料圧力と燃料噴射量とを用いて決定する従来のコモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御が行われるため、増圧燃料噴射時、通常圧力燃料噴射時それぞれにおいて燃料噴射方法に適した燃料噴射制御が行われる。

【0047】

請求項11に記載の発明によれば、前記増圧燃料噴射時に、燃料噴射弁からの燃料噴射終了と同時に増圧手段の作動を停止する、請求項2に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法が提供される。

【0048】

すなわち、請求項11の発明では燃料噴射終了と同時に増圧手段の作動が停止する。増圧手段作動中に燃料噴射を行う場合、増圧手段作動停止前に燃料噴射が終了すると燃料噴射終了と同時に燃料噴射弁と増圧手段とを結ぶ配管中の燃料圧力が急激に上昇（オーバーシュート）しピーク時に増圧圧力以上になる場合がある。このため、燃料噴射弁と増圧手段との間の配管部材は増圧燃料噴射の終了時の圧力オーバーシュートを考慮して設計圧力を設定する必要がある。

【0049】

本発明では燃料噴射終了と同時に増圧手段の作動を停止することにより、燃料噴射終了時の圧力オーバーシュート発生を防止することができるため、燃料噴射弁と増圧手段との間の配管部材の設計圧力を不必要に高く設定する必要がなくなる利点がある。

【0050】

請求項12に記載の発明によれば、前記増圧燃料噴射時に、燃料噴射弁からの燃料噴射終了より前に増圧手段の作動を停止する、請求項2に記載の増圧コモンレール式燃料噴射装置の燃料噴射制御方法が提供される。

【0051】

すなわち、請求項12の発明では燃料噴射終了より前に増圧手段の作動が停止し燃料噴射圧力が低下を開始する。このため、請求項11と同様圧力オーバーシュートが発生することを防止することができる他、燃料噴射終期での燃料噴射率を低下させることができ、従来得ることができなかつた燃料噴射率変化パターンを得ることができる。

【発明の効果】**【0052】**

各請求項に記載の発明によれば、増圧コモンレール式燃料噴射装置を用いた場合にマップやパラメータの数の増大が生じることを防止し、制御を簡素化することが可能となる共通の効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】**【0053】**

以下、添付図面を用いて本発明の実施形態について説明する。

【0054】

図1は、本発明の燃料噴射制御方法を実施する燃料噴射装置を自動車用ディーゼル機関に使用する場合の概略構成を示す図である。

【0055】

図1において、1は内燃機関（本実施形態では#1から#4の4つの気筒を備えた4気筒4サイクルディーゼル機関が使用される）、10aから10dは機関1の#1から#4の各気筒内に直接燃料を噴射する増圧ユニット付燃料噴射弁を示す。燃料噴射弁10aから10dは、それぞれ高圧燃料配管11aから11dを介して共通の蓄圧室（コモンレール）3に接続されている。コモンレール3は、高圧燃料噴射ポンプ5から供給される加圧燃料を貯留し、貯留した高圧燃料を高圧燃料配管11aから11dを介して各燃料噴射弁10aから10dに分配する機能を有する。

【0056】

本実施形態では、高圧燃料噴射ポンプ5は、例えば吐出量調節機構を有するプランジャー形式のポンプとされ、図示しない燃料タンクから供給される燃料を所定の圧力に昇圧しコモンレール3に供給する。ポンプ5からコモンレール3への燃料圧送量は、コモンレール3圧力が目標圧力になるようにECU20によりフィードバック制御される。

【0057】

図1に20で示すのは、機関の制御を行う電子制御ユニット（ECU）である。ECU20は、リードオンリメモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、マイクロプロセッサ（CPU）、入出力ポートを双方向バスで接続した公知の構成のデジタルコンピュータとして構成されている。ECU20は、燃料噴射弁10aから10dの開弁時期、開弁期間及び、後述する増圧ユニット110aから110dの作動タイミング等を制御して燃料噴射弁10からの燃料噴射時期及び噴射量を制御する他、機関回転数制御などの機関の基本制御を行う。

【0058】

これらの制御を行なうために、本実施形態ではコモンレール3にはコモンレール内燃料圧力を検出する燃料圧センサ27が設けられている他、機関1のアクセルペダル（図示せず）近傍にはアクセル開度（運転者のアクセルペダル踏み込み量）を検出するアクセル開度センサ21が設けられている。

【0059】

また、図1に25で示すのは機関1のクランク軸の回転位相を検出するクランク角センサである。クランク角センサはクランク軸近傍に配置され、所定クランク回転角毎（例えれば15度毎）にクランク角パルスを発生する他、クランク回転角度720度毎に基準パル

スを出力する。

【0060】

ECU20は、クランク角センサ25から入力するクランク回転角パルス信号の周波数から機関回転数を算出する。本実施形態では、アクセル開度センサ21出力とクランク角センサ25出力から算出された機関回転数とは燃料噴射弁からの燃料噴射制御に用いられる。

また、ECU20はクランク角センサ25の基準パルス信号入力後の回転角パルス信号の数からクランク軸の回転位相（現在のクランク回転角）を算出する。

【0061】

次に、本実施形態の増圧ユニット付燃料噴射弁10（燃料噴射弁10aから10dは同一の構造であるため、以下の説明では、参照符号10で総称する）の構造について説明する。

図2は、本実施形態における増圧ユニット付燃料噴射弁10の概略構成を説明する図である。

【0062】

図2において、10は増圧ユニット付燃料噴射弁の全体を示す。図1に示したように、燃料噴射弁10はコモンレール3と高圧配管11で接続されている。図2では説明の便宜上高圧配管11は3つ（11-1、11-2、11-3）に分けて示しているが、実際にこれら3つの配管は1本の高圧配管11から分岐させても良い。

【0063】

図2において、110は増圧ユニット、111は増圧制御弁を示す。

また、113は燃料噴射弁10のノズル部105の噴孔116を開閉するニードル、106はノズル部105内のニードル113の周囲に形成された燃料溜まりを示す。

【0064】

図2に112で示すのは、後述する噴射制御室103内の油圧を受けてニードル113を図2下方向（閉弁方向）に押圧するコマンドピストン、112aで示すのはコマンドピストンとは独立してニードル113を閉弁方向に押圧するスプリングである。

【0065】

103はコマンドピストン112上端に形成された噴射制御室を示す。制御室103にはソレノイドアクチュエータ109aを有する噴射制御弁109が設けられ、ソレノイドアクチュエータ109aを作動させることにより、制御室103内の油圧をオリフィス119を介して図示しないドレーン配管111aに逃がすようにされている。また、制御室103はオリフィス118を介して増圧油路108に、また逆止弁117を介して高圧配管11-1に、それぞれ接続されている。

【0066】

また、図2に107で示すのは燃料噴射油路である。燃料噴射油路107はノズル部105の燃料溜まり106に接続され、増圧燃料噴射時には増圧ユニット110から増圧された燃料を、また非増圧燃料噴射時にはコモンレール3からの燃料を燃料溜まり106に供給する。

【0067】

噴射制御弁109閉弁時には噴射制御室103内の燃料圧力は噴射油路107及び燃料溜まり106の圧力とほぼ等しくなっている。この状態では、ニードル113はスプリング112aとコマンドピストン112とに押圧され、ノズル部先端のシートに密着して噴孔116を閉鎖している。

【0068】

一方、アクチュエータ109aが通電され、噴射制御弁109が開弁すると、制御室103内の燃料はオリフィス119を通ってドレーン配管111aに流出し、制御室103内の圧力が低下する。

これにより、制御室103内の圧力は噴射油路107、燃料溜まり106の圧力より低くなるためニードル113は燃料溜まり106内の油圧に押動され、スプリング112a

とコマンドピストン112との押圧力に抗して上方（開弁方向）に移動する。このため、噴孔116が開放され燃料溜まり106内の燃料油が噴孔116から噴射される。

【0069】

次に増圧ユニット110について説明する。

増圧ユニットは大径ピストン部104aと小径ピストン部104bとを有する増圧ピストン104を備えている。大径ピストン部104aの小径ピストン部104b側には増圧制御室114bが、また、大径ピストン部104bの増圧制御室114bと反対の側には、高圧配管11-2を介してコモンレール3に連通する油圧室114aが、それぞれ形成されている。更に、増圧ピストン104の小径ピストン部104b端部には増圧油路108に連通する増圧室114cが形成されている。

また、増圧ピストン104は増圧制御室114b内に設けたスプリング115により、常時図2上方に向けて付勢されている。

【0070】

図2に111で示すのは増圧制御弁である。増圧制御弁111はソレノイド駆動の切換弁であり増圧制御室114bを高圧配管11-3を介してコモンレール3とドレーン配管111aとに選択的に接続する。

【0071】

増圧ユニット110の非作動時には増圧制御弁111のソレノイドアクチュエータの通電は停止されており、増圧制御室114bは制御弁111を介して高圧配管11-3に接続されているため増圧制御室114b内にはコモンレール3内の燃料油圧力が作用している。また、増圧ユニット110の油圧室114aには高圧配管11-2を介してコモンレール3の圧力が作用しているため、増圧ピストン104の大径ピストン部104aの両側の圧力は等しくなる。

【0072】

この状態では、増圧ピストン104は大径ピストン部104aを油圧室114a側に向けて付勢するスプリング115に押されて上方に移動しており、増圧室114c内には配管11-1と逆止弁117を通ってコモンレール3から燃料が流入する。このため、増圧油路108及び燃料噴射油路107内の燃料圧力はコモンレール3圧力と等しくなっている。

すなわち、増圧ユニット110非作動時には燃料噴射弁10の噴射圧力はコモンレール3燃料圧力となる。

【0073】

一方、増圧制御弁111のソレノイドが通電されると増圧制御室114bは増圧制御弁111を介してドレーン配管111aに接続される。これにより、増圧制御室114b内の燃料が増圧制御弁111からドレーン配管111aに流出し、増圧制御室114bの圧力は急激に低下する。

【0074】

このため、増圧ピストン104は大径ピストン部104aに作用する油圧室114a内の油圧によって押圧され、増圧室114c内の燃料油は小径ピストン部104bにより加圧される。これにより、増圧室114c内の燃料圧力は油圧室114a内のコモンレール燃料圧力に大径ピストン部104aと小径ピストン部104bとの断面積比を乗じた値にほぼ等しくなる。

【0075】

すなわち、増圧ユニット110作動時には増圧油路108及び噴射油路107内の圧力、及び噴射制御室103内の圧力はコモンレール内燃料圧に増圧ピストン4の大径ピストンと小径ピストンとの面積比倍の増圧圧力まで増圧される。

【0076】

ECU20は噴射制御弁109の開閉動作を制御することにより燃料噴射弁10からの燃料噴射開始時期と燃料噴射期間（噴射量）とを制御するとともに、増圧制御弁111の開閉動作を制御することにより、増圧の有無を制御している。また、ECU20は、後述

するように増圧制御弁111と噴射制御弁109との作動タイミング差を制御することにより、増圧ピストン104が作動を開始（燃料圧力が実際に上昇を開始）してから燃料噴射が開始されるまでの時間間隔（すなわち増圧時間）を変化させ、増圧燃料噴射時の燃料噴射特性を制御する。

【0077】

このように、本実施形態の増圧ユニット付燃料噴射弁10では、増圧ユニット110の作動、非作動を切り換えることにより、燃料噴射圧力を低圧（コモンレール3内燃料圧力）から高圧（増圧圧力）に増大させることができる。また、この場合、増圧時に増圧圧力が作用するのは増圧ユニット110の増圧室114cから増圧油路108、燃料噴射油路107とノズル部105、噴射制御室103等の限られた部分である。従って、増圧ユニット110を用いることにより、コモンレール3や燃料ポンプ5等燃料噴射装置のほとんどの要素は従来と同等の比較的低い設計圧力に設定することができるため、燃料噴射圧力を大幅に増大させながら装置全体のコストの上昇を抑制することができる。

【0078】

次に、増圧ユニット110作動時の燃料噴射圧力の変化特性（増圧特性）について説明する。

図3は増圧ユニット110の増圧制御弁111に駆動信号が到達した時点からの燃料噴射油路107の燃料油圧力の変化を説明する図である、図3の縦軸は燃料圧力を、横軸は増圧制御弁111への駆動信号到達時（増圧指令時）からの経過時間を示している。

【0079】

図3に示すように、増圧制御弁111に駆動信号が供給されても実際に増圧ピストン104が移動を始めて燃料圧力が上昇を開始するまでには遅れ時間TDが存在するため、この期間は燃料圧力はコモンレール圧力PCのまま変化しない。

【0080】

そして、上記遅れ時間TDが経過すると増圧ピストン104が移動を開始して燃料圧力はほぼ直線的に上昇するようになる（図3、PS部）。

本実施形態では、上記遅れ時間TD経過後の時点Iet、すなわち増圧ピストン104が作動を開始して実際の燃料圧力が上昇を開始する時点を増圧ユニット110の作動開始タイミングとして定義する。

【0081】

この圧力上昇期間PSが経過して、燃料圧力がコモンレール圧力PCと増圧ピストンの面積比（増圧比）とにより定まる増圧圧力PEに到達すると燃料圧力は一定になるが、圧力上昇期間PS中に燃料噴射が行われると燃料噴射中に燃料噴射圧力が変化するようになる。

【0082】

ところで、前述したように、従来のコモンレール式燃料噴射装置では、燃料噴射の量、タイミング、期間などの燃料噴射制御パラメータは以下の手順で決定されている。

【0083】

(1) 現在のアクセル開度（要求負荷）と機関回転数とからアクセル開度と機関回転数をパラメータとする数値テーブル（マップ）の形で与えられる燃料噴射量を算出。

【0084】

(2) 算出した燃料噴射量と機関回転数とを用いて、燃料噴射量と機関回転数とをパラメータとするマップの形で与えられるコモンレール圧力（燃料噴射圧力）を算出。

【0085】

(3) 燃料噴射量と算出したコモンレール圧力（燃料噴射圧力）とを用いて、燃料噴射量とコモンレール圧力をパラメータとするマップの形で与えられる燃料噴射期間（燃料噴射弁の開弁時間）を算出

(4) 燃料噴射量と機関回転数とを用いて、燃料噴射量と機関回転数とをパラメータとするマップの形で与えられる燃料噴射時期を算出。

【0086】

上記の従来手順では燃料噴射圧力（コモンレール圧力）が燃料噴射制御パラメータとして決定されるとともに、燃料噴射期間の算出にも使用される。ところが、上述したように、増圧燃料噴射を行う場合は燃料噴射圧力が変化する場合があるため、例えば上記の手順で燃料噴射圧力を算出したとしても、算出した燃料噴射圧力になるように実際の燃料噴射圧力を制御することは困難である。

【0087】

また、例えば燃料噴射開始、終了等の特定のタイミングにおける燃料噴射圧力を代表燃料噴射圧力として定義し、この代表燃料噴射圧力が算出した燃料噴射圧力になるように制御することも理論的には可能であるが、このためには増圧開始後の燃料圧力上昇と燃料噴射開始時期との関係を考慮した複雑な計算を再計算する必要がある。

【0088】

更に、コモンレール圧力（燃料噴射圧力）とをパラメータとしたマップにより燃料噴射時間を決定する従来の方法では、燃料噴射圧力が変化する場合にはどの時点の燃料圧力を用いるかにより燃料噴射時間が異なってくるため、例えば増圧時の燃料噴射圧力の変化パターンや噴射開始時期に応じた多数のパラメータを用いたマップが必要となり、燃料噴射時間の算出も複雑化してしまう問題が生じる。

【0089】

本実施形態では、増圧燃料噴射時にコモンレール圧力に代えて、増圧ユニット（増圧ピストン104）の作動開始（図3、I_{et}t）から燃料噴射開始（図3、I_{jt}t）までの時間間隔として定義される増圧時間（図3、T_E）を燃料噴射制御パラメータとして用いることにより上記問題を解決している。

【0090】

増圧ユニット（図2、110）と増圧制御弁（図2、111）とが定まれば図3の増圧特性（遅れ時間T_D、増圧スロープP_Cの傾き、増圧比P_E/P_C等）も一定になる。

このため、コモンレール圧力毎に図3の特性を数値マップの形で保持していれば、コモンレール圧力が定まれば、燃料噴射圧力の変化を特定することができる。

また、図3の燃料噴射特性が定まれば、例えば図3の特性曲線上での燃料噴射タイミング位置を規定する事により、燃料噴射開始後の燃料噴射圧の変化を定める事ができる。

【0091】

本実施形態では、図3の特性曲線上で燃料噴射タイミングを特定するためのパラメータとして増圧開始から燃料噴射までの時間（増圧時間）T_Eを用いるとともに、制御を更に簡素化するために実際の運転ではコモンレール圧力を従来のように機関運転状態に応じて変化させずに、増圧燃料噴射時には運転状態にかかわらず一定に制御している。

これにより、本実施形態では燃料噴射開始後の燃料噴射率の変化特性は増圧時間T_Eのみを用いて表すことが可能となっている。

【0092】

本実施形態では、更に実際の機関を用いて機関回転数と燃料噴射量とを変えて運転を行い、各機関回転数と燃料噴射量との組み合わせ毎に最適な燃料噴射特性が得られる増圧時間T_Eを求める適合作業を行い、得られた結果を燃料噴射量と機関回転数とをパラメータとした二次元数値テーブル（増圧時間マップ）の形でECU20のROMに格納してある。

【0093】

本実施形態では、機関運転中に従来と同様、まずアクセル開度と機関回転数とを用いて燃料噴射量を算出し、この算出した燃料噴射量と機関回転数とを用いて、上述の増圧時間マップから増圧時間T_Eを算出している。

これにより、本実施形態では増圧燃料噴射実行時にもパラメータの増大や制御の複雑化を生じることなく燃料噴射制御を行うことが可能となっている。

【0094】

図4は、本実施形態における燃料噴射制御操作を示すフローチャートである。本操作はECU20により一定クランク角毎（各気筒の燃料噴射量演算タイミング毎）に実行され

る。

図4の操作では、まずステップ401で現在のアクセル開度（アクセルペダルの踏み込み量）ACCPと機関回転数NEとが読み込まれる。本実施形態では、アクセル開度ACCPはアクセル開度センサ21（図1）の出力が使用され、機関回転数NEはクランク角センサ25の出力に基づいて、それぞれ算出される。

そして、ステップ403では、読み込んだアクセル開度ACCPと機関回転数NEとに基づいて、燃料噴射量Qijを算出する。

【0095】

本実施形態においても、燃料噴射量Qijは従来のコモンレール式燃料噴射の場合と同様に、予めアクセル開度ACCPと機関回転数NEとをパラメータとする二次元数値テーブル（燃料噴射量マップ）の形でECU20に格納されている。

【0096】

また、ステップ405では、上記により算出した燃料噴射量Qijと機関回転数NEとに基づいて、現在機関が増圧燃料噴射を行う運転領域で運転されているか否かが判定される。

【0097】

本実施形態では、増圧ユニットを用いた増圧燃料噴射を実行する運転領域は予め燃料噴射量Qijと機関回転数NEとを用いて規定されており、ECU20のROMにQijとNEとを用いた二次元数値テーブル（運転領域マップ）の形で格納されている。ステップ405では現在の燃料噴射量Qijと機関回転数NEとがこの領域にあるか否かにより増圧燃料噴射の要否を判定する。

【0098】

ステップ405で、機関が現在増圧燃料噴射を実行する領域で運転されている場合には、次にステップ407に進む。

ステップ407は、前述した増圧時間TEの算出操作を示す。前述したように、増圧時間TEはステップ403で算出した燃料噴射量Qijと機関回転数NEとを用いて、ECU20のROMに格納した前述の増圧時間マップから算出される。

【0099】

更に、ステップ409では燃料噴射期間（燃料噴射弁の開弁時間）Ijpが算出される。本実施形態では、燃料噴射期間Ijpは、燃料噴射弁が定まれば、燃料噴射量Qijと増圧時間TEとの関数として与えられる。すなわち、本実施形態では増圧時間TEが定まれば、燃料噴射開始後の燃料噴射圧力変化（燃料噴射率）が決定される。このため、必要な燃料噴射量Qijを噴射するのに必要な時間IjpはQijとTEの関数として表すことができる。

【0100】

図5は、燃料噴射期間Ijpと燃料噴射量Qij及び増圧時間TEの関係の一例を示す。本実施形態では、図5の関係をECU20のROMに数式として記憶、または燃料噴射期間Ijpの値をQijとTEとを用いた2次元数値テーブル（燃料噴射期間マップ）として保持しており、ステップ405と407で算出された燃料噴射量Qijと増圧時間TEとを用いてこの関係または燃料噴射期間マップから燃料噴射期間Ijpを算出する。

【0101】

上記により燃料噴射期間Ijpを算出後、次にステップ411では燃料噴射タイミング（燃料噴射開始タイミング）Ijtが従来の手順と同様に燃料噴射量Qijと機関回転数NEとを用いて算出される。本実施形態では、予め燃料噴射量Qijを噴射するための最適な燃料噴射開始タイミングIjtを、燃料噴射量Qijと機関回転数NEとを変えて機関を運転し、実測などにより求めてあり、燃料噴射タイミングIjtの値をQijとNEとをパラメータとして用いた二次元数値マップ（燃料噴射タイミングマップ）として、或いは数式としてECU20のROMに格納してある。ステップ411では、この燃料噴射タイミングマップ（或いは数式）を用いて、燃料噴射量Qijと機関回転数NEとから燃料噴射タイミングIjtが算出される。

【0102】

上記により燃料噴射タイミング I_{jt} を算出後、ステップ413では増圧開始タイミング I_{et} が増圧時間 T_E とステップ411で算出された燃料噴射タイミング I_{jt} とを用いて算出される。

すなわち、増圧時間 T_E は増圧開始タイミング I_{et} と燃料噴射タイミング I_{jt} との時間間隔として定義される。このため、燃料噴射タイミング I_{jt} と増圧時間 T_E とが定まれば、燃料噴射タイミング I_{jt} から増圧開始タイミング I_{et} を逆算することができる。

【0103】

上記操作を終了後、ステップ415では各操作で算出した増圧開始タイミング I_{et} を増圧制御弁111の駆動回路に、または燃料噴射タイミング I_{jt} と燃料噴射期間 I_{jp} とを該当する気筒の燃料噴射弁の駆動回路に、それぞれ出力して今回の操作を終了する。

【0104】

なお、それぞれの駆動回路は増圧開始タイミングと燃料噴射タイミングとが、上記により算出された I_{et} 、 I_{jp} に一致するように作動遅れ時間（例えば図3、TD）だけ早いタイミングで増圧制御弁111と噴射制御弁109とに駆動信号を出力する。

【0105】

一方、ステップ405で、現在増圧燃料噴射を行う運転領域でなかった場合には、ステップ417以降の従来と同一のコモンレール圧燃料噴射（通常圧力燃料噴射）制御が行われる。

すなわち、ステップ417ではステップ403で算出した燃料噴射量 Q_{ij} と機関回転数 N_E とからコモンレール圧力 P_C が算出される。

【0106】

そしてステップ419では、コモンレール圧力 P_C と燃料噴射量 Q_{ij} とから燃料噴射期間 I_{jp} が算出される。図6は燃料噴射期間 I_{jp} とコモンレール圧力 P_C 、燃料噴射量 Q_{ij} との関係を示す図5と同様な図である。

【0107】

上記により燃料噴射期間 I_{jp} を算出後、ステップ421では燃料噴射量 Q_{ij} と機関回転数 N_E とを用いて燃料噴射タイミング I_{jt} が算出される。

そして、ステップ423では、上記により算出された目標コモンレール圧力 P_C がコモンレール圧力制御回路（図示せず）に、燃料噴射期間 I_{jp} と燃料噴射タイミング I_{jt} が燃料噴射弁駆動回路に、それぞれ出力され、今回の操作を終了する。

【0108】

すなわち、本実施形態では、ECU20には増圧燃料噴射時用の増圧時間 T_E と燃料噴射量 Q_{ij} との関数としての燃料噴射期間 I_{jp} （図5）と、通常圧力燃料噴射時用のコモンレール圧力 P_C と燃料噴射量 Q_{ij} との関数としての燃料噴射期間 I_{jp} （図6）の両方が格納されている。増圧燃料噴射時には図5の関係（又は数値マップ）を用いて燃料噴射期間 I_{jp} が算出される（ステップ409）。また、通常圧力燃料噴射時には図6の関係（又は数値マップ）を用いて燃料噴射期間 I_{jp} が算出される（ステップ419）。

これにより、増圧燃料噴射時と通常圧力燃料噴射時に、それぞれの燃料噴射形態に適した制御が行われる。

【0109】

次に、増圧燃料噴射時の増圧時間 T_E と燃料噴射パターンとについて説明する。

前述したように、本実施形態では増圧時間 T_E は増圧開始タイミング I_{et} と燃料噴射開始タイミング I_{jt} との間隔として定義され、 T_E が変化すると燃料噴射期間中の燃料噴射圧力（燃料噴射率）が変化する。このため、 T_E を制御パラメータとして用いることにより燃料噴射時の燃料噴射率変化パターンを変更することができる。

【0110】

また、前述したように、本実施形態では増圧燃料噴射時にはコモンレール圧力 P_C を機関運転状態にかかわらず一定値（ベースレール圧）に維持することにより増圧燃料噴射時

の燃料噴射制御を簡素化しているが、更に、本実施形態では、後述するように、このコモニレール圧力 P C を増圧燃料噴射を行う場合の燃料噴射圧力の最低圧力に設定している。

【0111】

ベースレール圧を増圧燃料噴射時の最低燃料噴射圧力に設定することにより、増圧燃料噴射時にも燃料噴射期間中にベースレール圧での燃料噴射が含まれる場合、すなわち増圧開始より前に燃料噴射が開始される場合が生じることになる。

【0112】

この場合、増圧燃料噴射時に燃料噴射開始時期が増圧開始時期より前か後かに応じて別個の制御を行うことは煩雑である。そこで、本実施形態では、T E が正負両方の値をとるようにして、増圧開始より後に燃料噴射が開始される場合には T E の値を正、前に燃料噴射が開始される場合には T E の値を負で表している。これにより、燃料噴射開始時期が増圧開始時期より前か後かにかかわらず、1つの数値テーブルで T E を表す事が可能となり、燃料噴射制御が簡素化される。

【0113】

図7 (A) ~ (E) は、増圧時間 T E を変化させた場合の燃料噴射率変化パターンを模式的に示す図である。

【0114】

図7 (A) ~ (E) において、上段のカーブは図3と同様な増圧ユニットの増圧特性曲線を、下段は燃料噴射時の燃料噴射率変化を示している。また、I j t は燃料噴射開始タイミング、I j e は燃料噴射終了タイミング、I e t は増圧開始タイミングを、それぞれ示している。また、図7 (A)、(B) は増圧時間 T E が負、すなわち燃料噴射開始タイミング I j t が増圧開始タイミング I e t より前の場合を、図7 (C) ~ (E) は増圧時間 T E が正の場合、すなわち燃料噴射開始タイミング I j t が増圧開始タイミング I e t より後の場合を、それぞれ示している。

【0115】

以下、それぞれについて説明する。

図7 (A) は、燃料噴射開始タイミング I j t 、燃料噴射終了タイミング I j e の両方が増圧開始タイミング I e t の前である場合を示す。この場合には、燃料噴射期間中燃料噴射圧力はベースレール圧に維持される。

【0116】

図7 (A) の燃料噴射パターンは、機関が比較的軽負荷で運転されている場合に用いられる。

【0117】

図7 (B) は、燃料噴射開始タイミング I j t が増圧開始タイミング I e t より前 ($T E < 0$) であるが、燃料噴射終了タイミング I j e は増圧開始タイミング I e t より後の場合を示す。この場合には、下段の燃料噴射率カーブに示すように燃料噴射率は燃料噴射初期には比較的低い一定値に維持され、燃料噴射の途中から燃料噴射率が増大する。

【0118】

図7 (B) の燃料噴射パターンでは、燃料噴射初期に比較的少量の燃料が燃焼室内に噴射され、この燃料の燃焼により気筒内温度が上昇した状態で燃料噴射後半に大部分の燃料が噴射されるようになるため、燃料の燃焼が良好になり排気スモークと燃焼騒音とが低減される。図7 (B) の燃料噴射パターンは主に機関中負荷運転時に用いられる。

【0119】

図7 (C) は、燃料噴射開始タイミング I j t と燃料噴射終了タイミング I j e とが、ともに増圧スロープ P S (図3 参照) 上にある場合を示す。図7 (C) のケースは $T E \geq 0$ となる。

【0120】

この場合、燃料噴射率は燃料噴射開始時に急増し、その後燃料噴射圧力の増加 (増圧スロープの傾斜) に応じて増大する。このように、燃料噴射初期に燃料噴射率が大きく、その後燃料噴射率が低下する噴射パターンでは、燃料噴射終期の燃焼温度が高くなっている

時に燃焼室に供給される燃料量が相対的に少なくなるためNO_xの発生量が低減されるとともに、燃焼騒音が低減される効果がある。

【0121】

図7(D)は燃料噴射開始タイミングI_jtが増圧スロープPS上にあり、燃料噴射終了タイミングI_jeが増圧終了後にある場合を示す。この場合には燃料噴射率は噴射初期は図7(C)と同様な変化をするが、その後増圧圧力(最大燃料噴射率)での燃料噴射が一定時間続く形になる。このように、燃料噴射前半で燃料噴射率を相対的に低く、後半で高く設定することにより、燃料噴射後半で多量の燃料を燃焼させたときに燃焼騒音やスマートの発生を低減することができる。このため、図7(D)の燃料噴射パターンは多量の燃料を噴射する必要がある最大出力トルク発生点付近での運転で用いられる。

【0122】

図7(E)は、燃料噴射圧力が増圧圧力PEに到達してから燃料噴射が開始される場合を示す。この場合には燃料噴射開始時から燃料噴射圧力(燃料噴射率)は最大値に固定され、最小の燃料噴射期間で多量の燃料を噴射可能となる。

このため、図7(E)の燃料噴射パターンは燃料噴射期間を短く設定し、しかも大量の燃料を噴射する必要のある最大出力発生点付近の高回転高出力トルク領域で用いられる。

【0123】

次にベースレール圧での燃料噴射(図7(A))の場合の増圧ユニットの作動について説明する。

【0124】

上述したように、本実施形態ではベースレール圧を増圧燃料噴射時の最低噴射圧力に設定している。このため、増圧燃料噴射時には増圧が開始される前に燃料噴射が終了する場合がある。すなわち、この場合には燃料噴射圧力はベースレール圧のままであり増圧を必要としないため、増圧ユニットを作動させる必要はない。

【0125】

そこで、本実施形態では、図4ステップ407で算出された増圧時間TEが負の値であり、かつ絶対値が予め定めた値 α より大きい場合($TE < -\alpha$)、すなわち燃料噴射開始時期が増圧開始時期より十分に前である場合には増圧開始前に燃料噴射が終了すると判断して増圧ユニット110の作動を行わない(すなわち、この場合にはECU20は増圧制御弁111への駆動信号を出力しない)。

【0126】

ここで、所定値 α はTEが負になる運転領域での燃料噴射期間の最大値より大きい値であり、詳細には実際の機関を用いた実験等により決定されるが、通常数ミリ秒程度の値である。

また、この場合には増圧ユニット110の作動を行わないものの、燃料噴射期間I_jpについては通常の増圧燃料噴射の場合と同様に図4ステップ409で算出される。

【0127】

このように、増圧燃料噴射時に必要なない場合には増圧ユニット110の作動を禁止するようにしたことにより、増圧ピストン104の作動油としてドレーン配管111aに排出される加圧燃料油の消費が生じないため、燃料噴射ポンプ5(図1)の消費動力が低減される。

【0128】

次に、増圧ユニット110の作動停止タイミングについて説明する。

図4の操作では増圧開始タイミングI_etが燃料噴射開始タイミングI_jtと増圧時間TEとに応じて決定されるものの、増圧終了(増圧ユニット110の作動停止)タイミングについては、例えば燃料噴射期間より長い一定値とされていた。

【0129】

ところが、燃料噴射終了後に増圧操作が続いていると問題が生じる場合がある。例えば、燃料噴射終了時には燃料噴射弁の急激な閉鎖に伴って燃料噴射弁内の燃料油圧力が急激に上昇(オーバーシュート)する。この圧力上昇は圧力波となって燃料噴射弁への燃料油

配管中を伝播するため、圧力波通過時には各部分の燃料油圧力が上昇する。この圧力波は燃料油通路の両端（燃料噴射弁とコモンレール）で反射して燃料油通路内の往復を繰り返すため、燃料油通路内の燃料油圧力は燃料噴射終了後脈動を繰り返すようになる。この圧力脈動時のピーク圧力は圧力波発生直前、すなわち燃料噴射終了時の燃料圧力が高い程高くなる。

【0130】

このため、例えば増圧圧力が200 MPa程度であった場合にも燃料噴射弁閉弁時にはピーク圧力が300 MPa近くまで上昇する場合があり、最大燃料噴射圧力が200 MPaであっても各部の設計圧力を300 MPa以上としなければならない問題が生じる。

本実施形態では、増圧ユニット110の作動を燃料噴射終了と同時に停止することでこの問題を解決している。

【0131】

前述のように、本実施形態では図4の操作により増圧燃料噴射時の燃料噴射開始タイミングI_jt、燃料噴射期間I_jp及び増圧開始タイミングI_etがそれぞれ決定される。

本実施形態では、更に燃料噴射量Q_ijと機関回転数NEとに基づいて燃料噴射終了と同時に増圧ユニット110の作動が停止するように増圧継続期間TEPが決定される。

【0132】

図4で説明したように、本実施形態では燃料噴射量Q_ijと機関回転数NEとに基づいて増圧時間TEが決定され（図4ステップ407）、この増圧時間TEと燃料噴射量Q_ijとに基づいて燃料噴射期間I_jpが決定される（同ステップ409）。増圧継続期間TEPは増圧時間TEと燃料噴射期間I_jpとの和であるため、燃料噴射量Q_ijと機関回転数NEとから定めることができる。

【0133】

本実施形態では、増圧継続期間TEPの値を、予め各Q_ijとNEとの組み合わせに対して計算して、例えばQ_ijとNEとをパラメータとした二次元数値テーブル（増圧継続期間マップ）の形でECU20のROMに格納してあり、図4のステップ407～413の操作とともにQ_ijとNEとに基づいて増圧継続期間TEPが上記増圧継続期間マップに基づいて算出される。

【0134】

また、ステップ415では、増圧開始タイミングI_etとともに増圧継続時間TEPが増圧制御弁111の図示しない駆動回路に出力される。増圧制御弁111の駆動回路は、増圧制御弁111、増圧ピストン104等の増圧系の作動遅れを考慮して、増圧開始タイミングI_etに増圧が開始され、実際の増圧が増圧継続時間TEPだけ継続して終了するように増圧制御弁111に出力する駆動信号のオン・オフのタイミングを調整する。

【0135】

このように、燃料噴射終了と同時に増圧ユニット110の作動を終了することにより、燃料噴射終了と同時に燃料噴射圧力が低下を開始するため、燃料噴射終了後も増圧ユニット110の作動を継続した場合に較べて燃料噴射終了による圧力脈動のピーク圧力が低くなり、燃料油系統の設計圧力を低く設定することが可能となる。

【0136】

図8は、上記と同様に燃料噴射期間に合わせて増圧ユニット110の作動停止タイミングを制御する場合に、燃料噴射終了より前に増圧ユニット110の作動を停止する場合を示しており、上段は燃料噴射圧力の変化を、下段はその場合の燃料噴射率の変化を、それぞれ示している。

【0137】

図8のように燃料噴射終了前に増圧を停止すると、図8上段に示すように燃料噴射中に燃料噴射圧力が低下するため、図8下段に示すように燃料噴射率が前半で増大し、後半で急激に減少する、△形の燃料噴射率特性を得ることができる。

【0138】

このように、燃料噴射終了より前に増圧ユニット110の作動を停止することにより、

従来得ることができなかつた燃料噴射率特性を得ることができるようになり、燃料噴射率特性設定の自由度が大幅に拡大する。なお、図8に示した△形の燃料噴射率特性については、機関燃焼状況や排気性状にどのような影響を及ぼすかは今後の研究を待つが、何らかの好ましい効果が得られるものと期待されている。

【0139】

また、図8のように燃料噴射終了前に増圧ユニット110の作動を停止して燃料噴射圧力を低下させることにより、燃料噴射終了の際の圧力脈動時ピーク圧力は上記の例より更に低くなるため、設計圧力がいたずらに増大することを更に効果的に防止することが可能となるのはいうまでもない。

【0140】

次に、ベースレール圧について説明する。

前述したように、本実施形態ではベースレール圧を増圧燃料噴射時の最低燃料噴射圧力に設定している。

これにより、本実施形態ではベースレール圧を増圧燃料噴射時の最低燃料噴射圧力より低く設定した場合に較べて増圧ユニット110の増圧比を小さく設定することが可能となる。

【0141】

増圧ユニット110の増圧比は小さいほど、作動時に増圧制御弁111を通ってドレン配管111aに流出する油（リーク油）の量が低減されるため、燃料噴射ポンプ5の負荷が低減されるとともに、増圧ユニット110の応答性が向上する利点がある。

【0142】

図9は、本実施形態の増圧燃料噴射を実施する運転領域を示す図である。

図9の縦軸は燃料噴射量 Q_{ij} 、横軸は機関回転数NEを示し、燃料噴射量 Q_{ij} が同一であれば機関回転数NEが高いほど、また機関回転数NEが同一であれば燃料噴射量 Q_{ij} が大きいほど機関負荷は高くなる。

【0143】

図9に示すように、本実施形態では、比較的高負荷の運転領域（燃料噴射量大、機関回転数高）では増圧燃料噴射が行われ、比較的低負荷の運転領域（燃料噴射量小、機関回転数低）では、通常圧力燃料噴射（機関運転状態に応じてコモンレール圧力を変化させる燃料噴射）が行われる。また、本実施形態では増圧燃料噴射運転領域内の、通常圧力燃料噴射領域との境界付近にはベースレール圧での燃料噴射領域が設けられている。前述したように、このベースレール圧での燃料噴射領域では、増圧ユニット110を作動することなく増圧燃料噴射が行われるため、燃料噴射圧力は一定（ベースレール圧）になる。

また、通常圧力燃料噴射領域では、機関運転状態に応じてコモンレール圧力が制御されるが、通常圧力燃料噴射領域での最大燃料噴射圧力はベースレール圧となる。

【0144】

図9のように、増圧ユニット110を作動させる高負荷側の増圧燃料噴射領域と低負荷側の通常圧力燃料噴射領域との間にベースレール圧での燃料噴射領域を設けたことにより、燃料噴射圧力をベースレール圧より低い圧力から最大燃料噴射圧力（増圧圧力）まで運転条件に応じて連続的に変化させた燃料噴射が可能となる。

【0145】

本実施形態では前述したように、ECU20は燃料噴射ポンプ5の吐出容量を燃料圧センサ27で検出したコモンレール圧力に基づいてフィードバック制御することによりコモンレール圧力を目標値に制御する。ここで、コモンレール圧力の目標値とは、増圧燃料噴射領域では増圧燃料噴射における最低燃料噴射圧力（一定値）、通常燃料噴射では燃料噴射量 Q_{ij} と機関回転数NEとに応じて定まる値となる。

【0146】

なお、通常、コモンレール3には減速時のフェルカット後の燃料噴射などの場合に急激にコモンレール圧力を低下させるために用いる圧力調整弁（減圧弁）が設けられている。このため、通常圧力燃料噴射領域では燃料噴射ポンプの容量変更によるコモンレール圧

力制御に代えて、上記燃料圧センサ27で検出したコモンレール圧力に基づいて上記減圧弁をフィードバック制御することによりコモンレール圧力をベースレール圧以下の任意の圧力に制御するようにしても良い。

減圧弁を用いたコモンレール圧力制御は、燃料噴射ポンプ容量変更によるコモンレール圧力制御に較べて、加圧燃料の放出による燃料噴射ポンプ駆動動力増大が生じる欠点があるが、圧力制御自体は燃料噴射ポンプ容量変更に較べて簡単になる利点がある。

【0147】

以上、本発明を増圧ピストンを有する増圧手段を用いた増圧コモンレール式燃料噴射装置に例をとって説明したが、本発明は他の形式の増圧手段を用いた増圧コモンレール式燃料噴射装置にも全く同様に適用可能であることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0148】

【図1】本発明を自動車用内燃機関に適用した場合の、実施形態の概略構成を説明する図である。

【図2】増圧ユニット付燃料噴射弁の概略構成の一例を説明する図である。

【図3】増圧ユニットの増圧特性を示す図である。

【図4】図1の実施形態の燃料噴射制御操作の一例を説明するフローチャートである。

【図5】増圧燃料噴射時の燃料噴射期間の設定方法を説明する図である。

【図6】通常圧力燃料噴射時の燃料噴射期間の設定方法を説明する図である。

【図7】増圧時間TEを変化させた場合の燃料噴射率変化パターン（（A）～（E））を模式的に示す図である。

【図8】燃料噴射終了以前に増圧ユニットの作動を停止した場合の燃料噴射率変化を説明する図である。

【図9】増圧燃料噴射を行う機関運転領域を説明する図である。

【符号の説明】

【0149】

1 …ディーゼル機関

3 …コモンレール

5 …燃料ポンプ

10 (10a～10d) …増圧ユニット付燃料噴射弁

20 …電子制御ユニット (ECU)

21 …アクセル開度センサ

25 …クランク角センサ

27 …燃料圧センサ

104 …増圧ピストン

104a …大径ピストン部 (大径ピストン)

104b …小径ピストン部 (小径ピストン)

105 …燃料噴射弁のノズル部

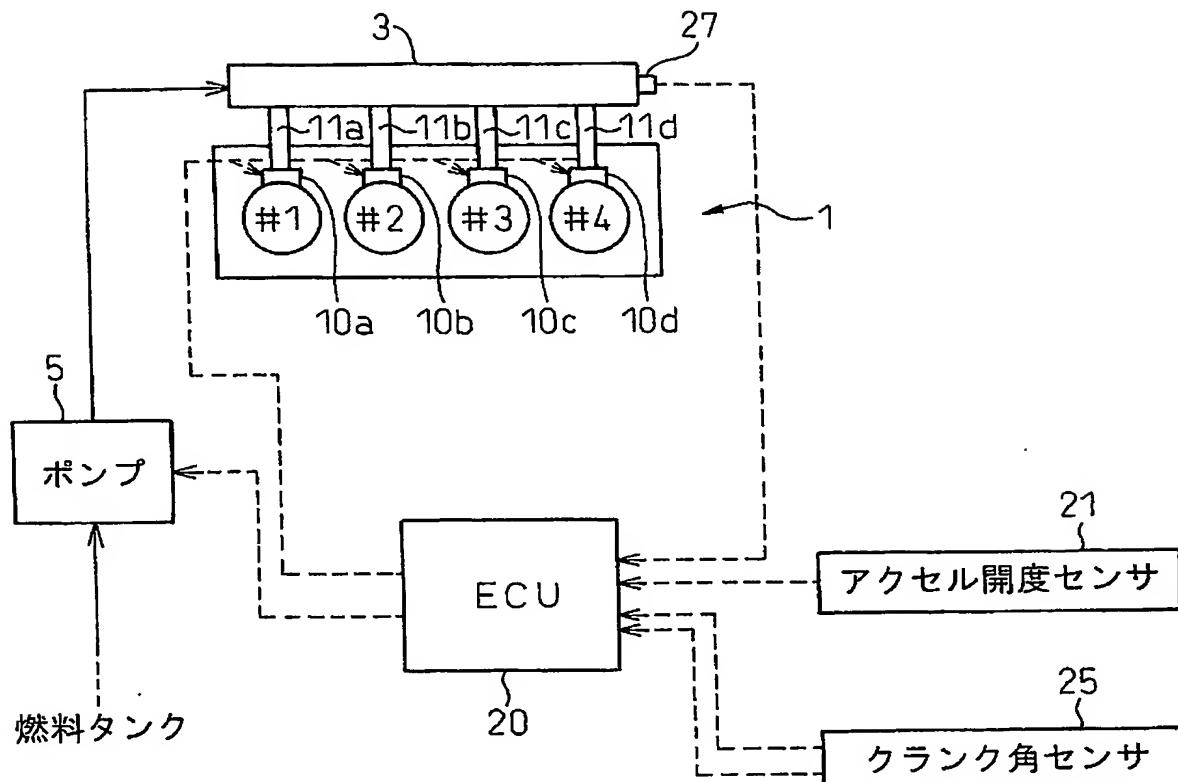
109 …噴射制御弁

110 (110aから110d) …増圧ユニット (増圧手段)

111 …増圧制御弁

【書類名】 図面
【図1】

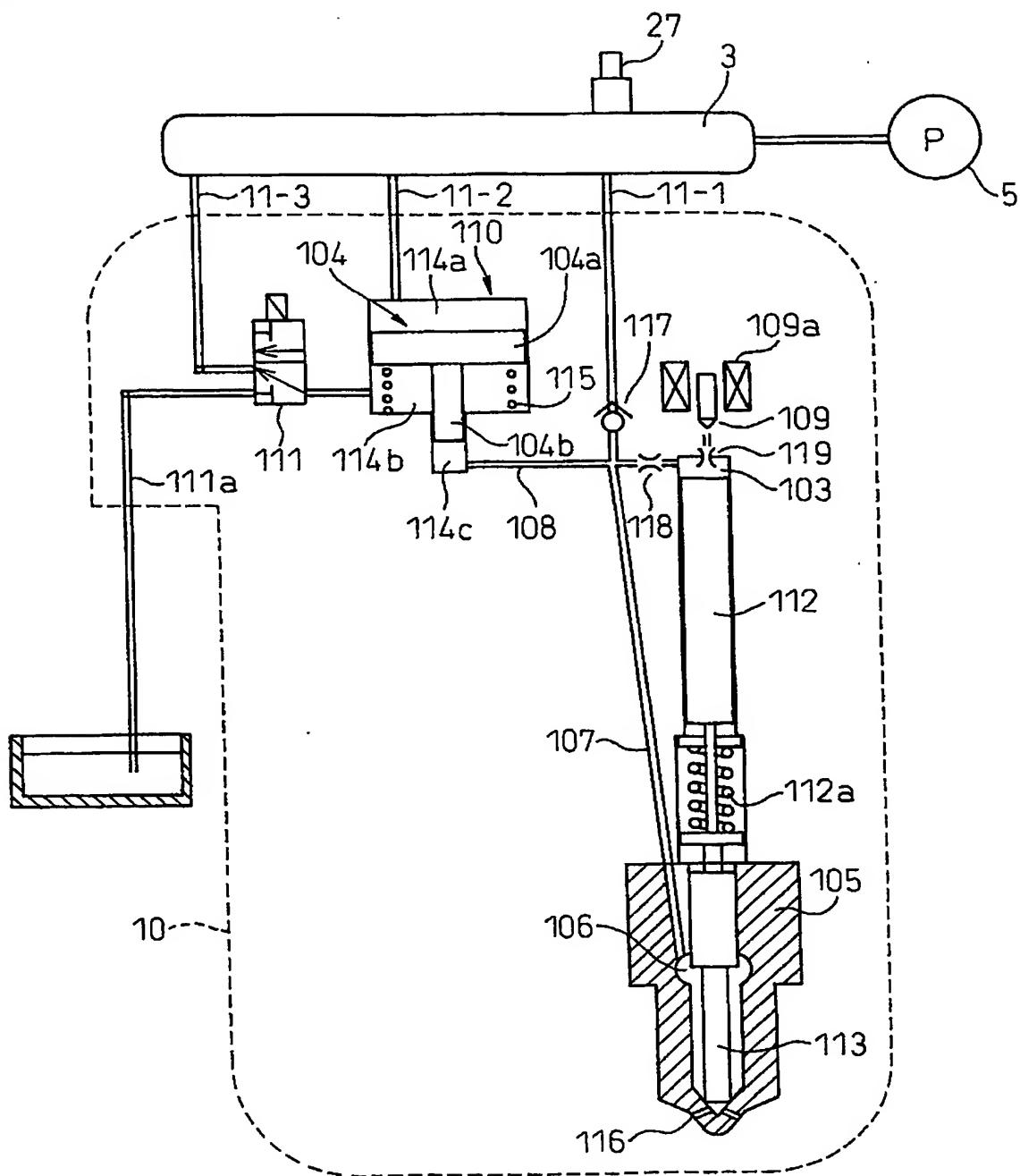
図 1



- 1…ディーゼル機関
- 3…コモンレール
- 10a～10d…燃料噴射弁
- 20…電子制御ユニット(ECU)
- 27…燃圧センサ

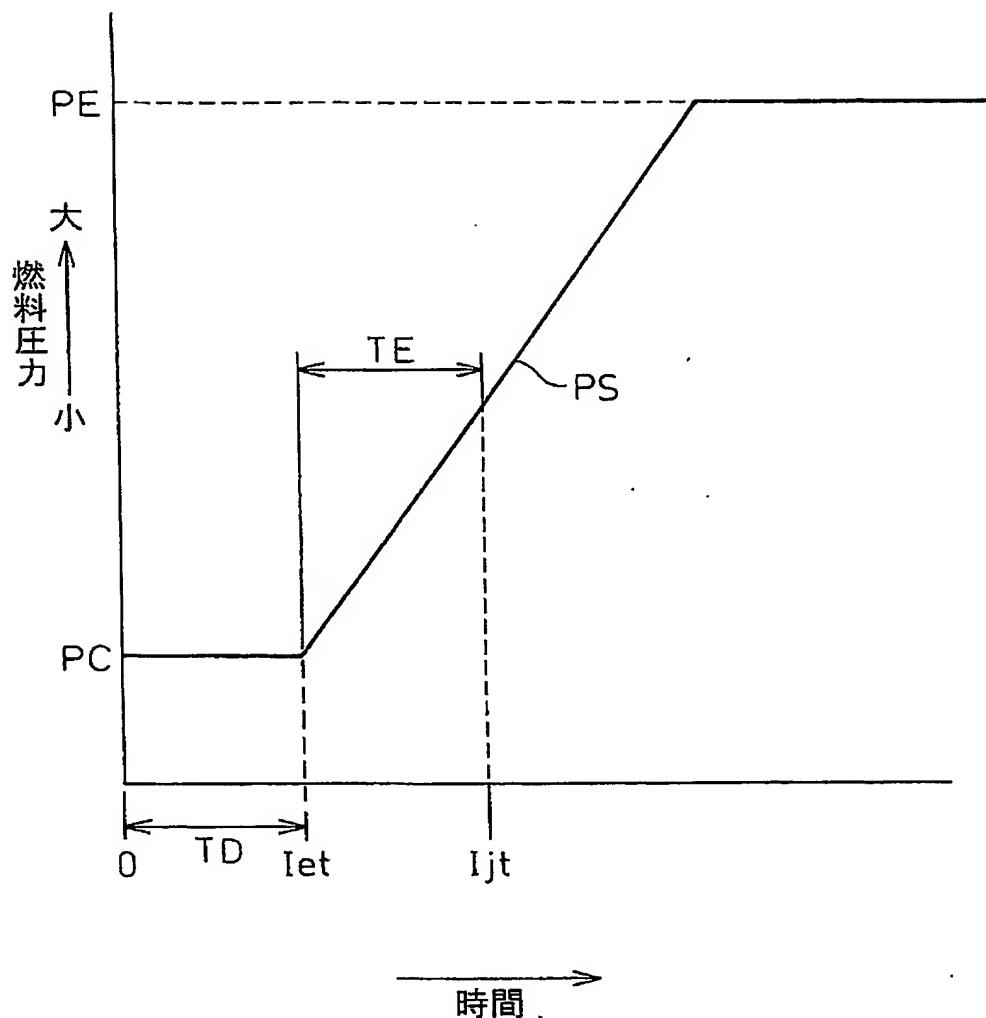
【図2】

図2



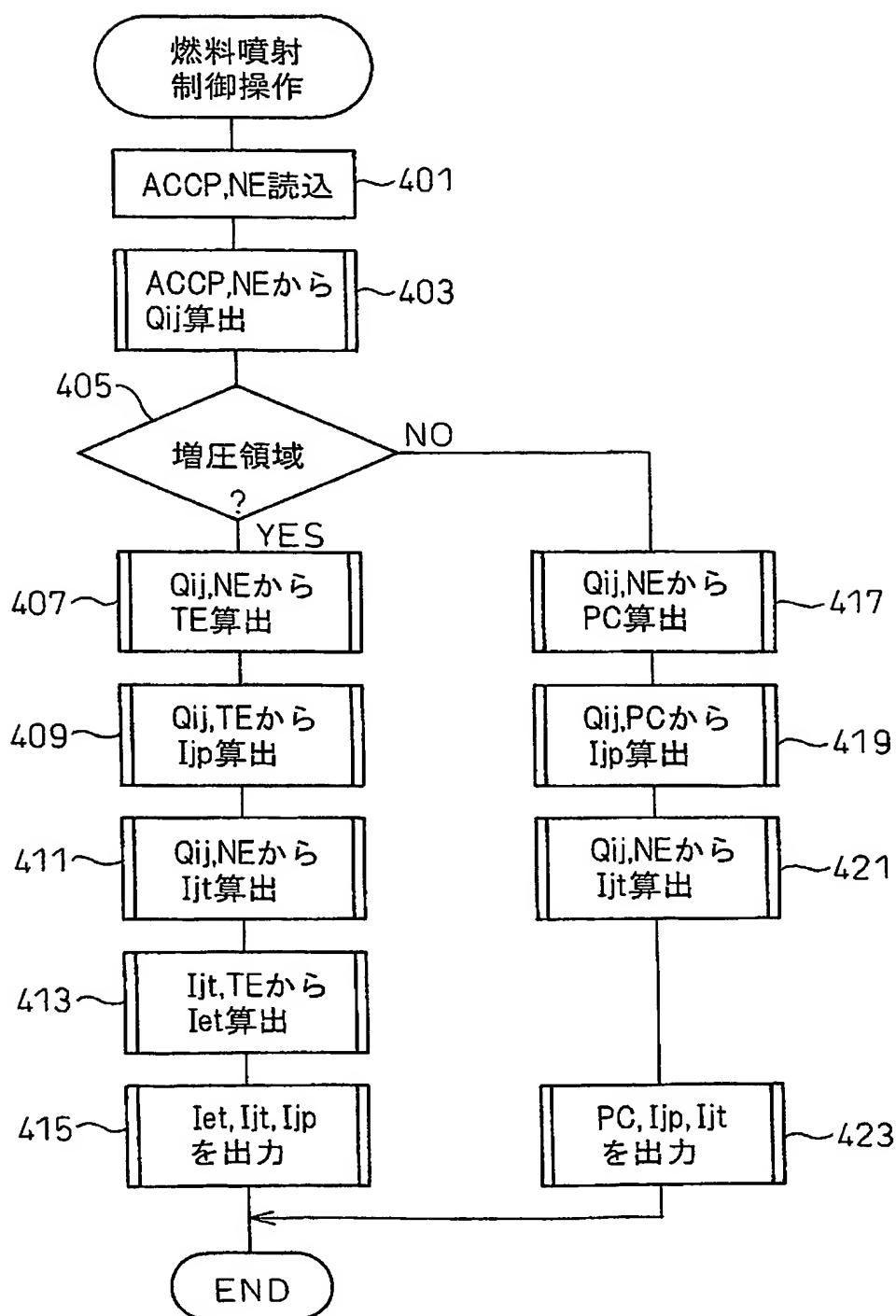
【図3】

図 3



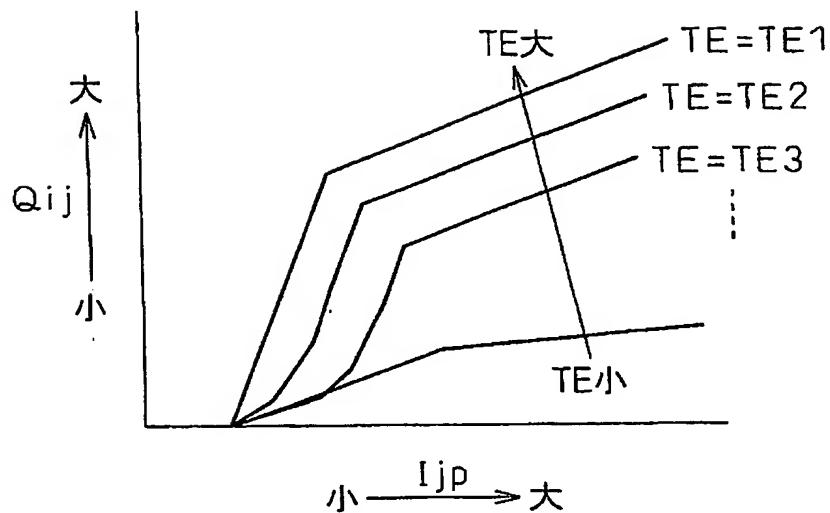
【図4】

図4



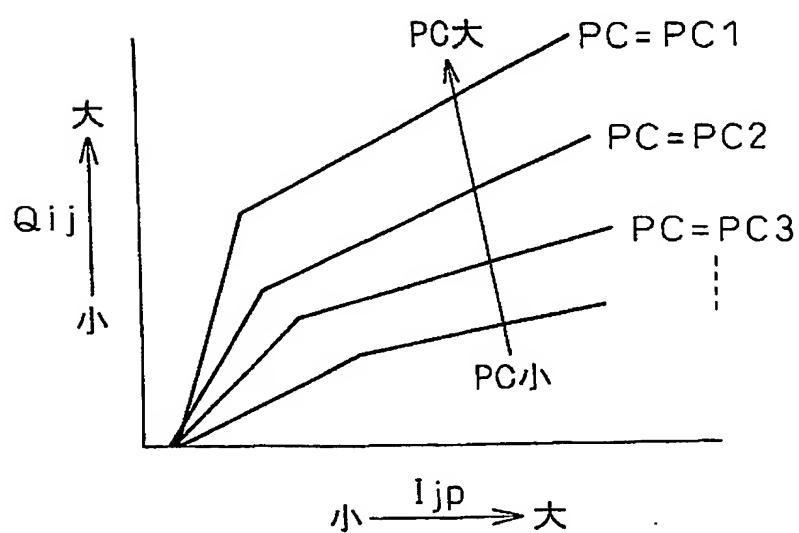
【図5】

図5



【図6】

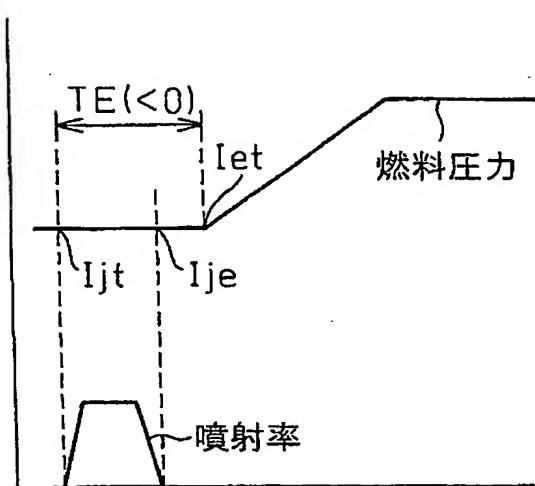
図6



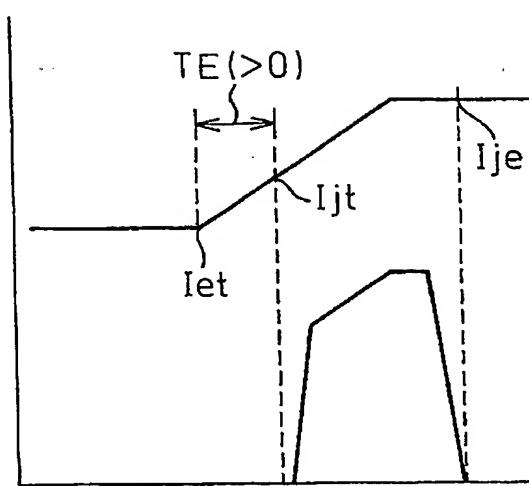
【図7】

図7

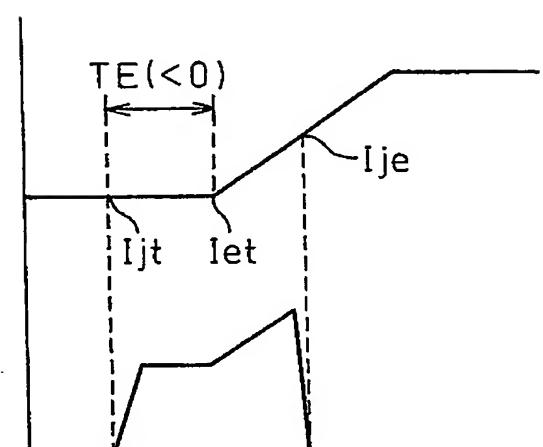
(A)



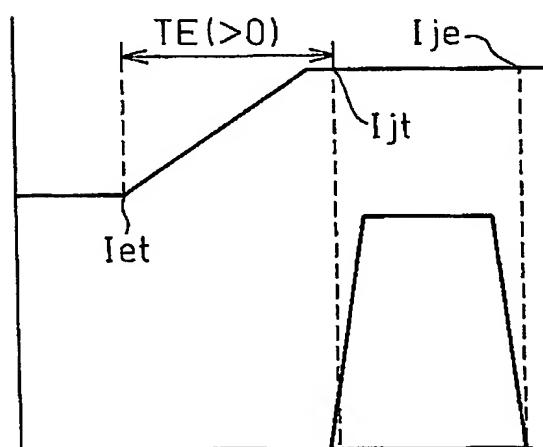
(D)



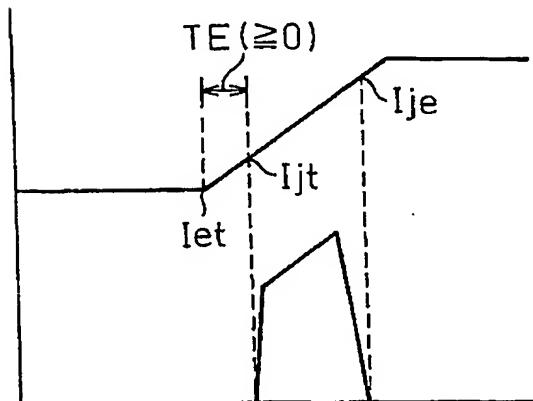
(B)



(E)

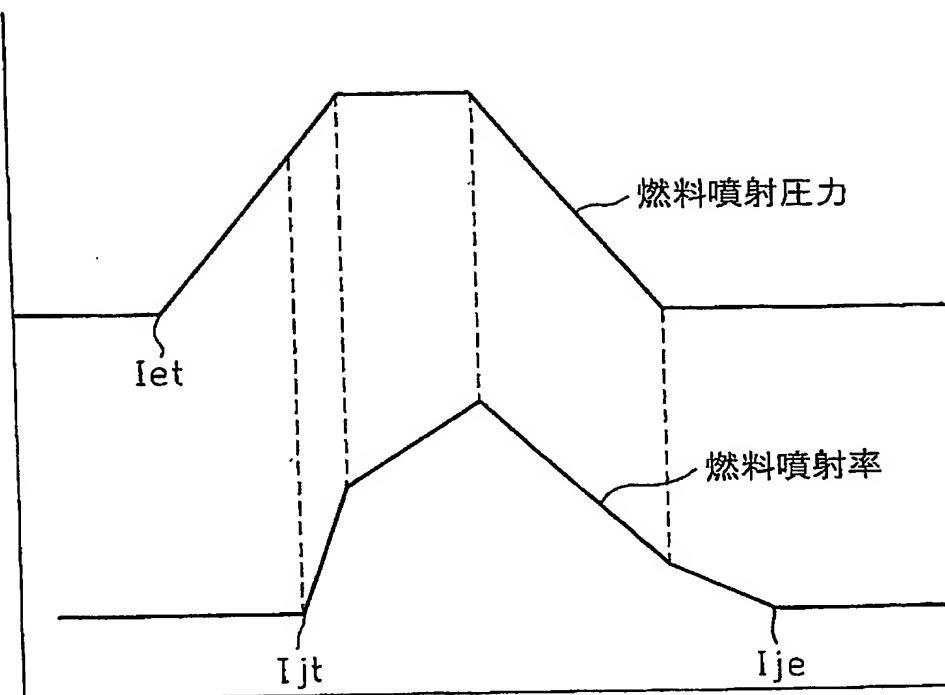


(C)



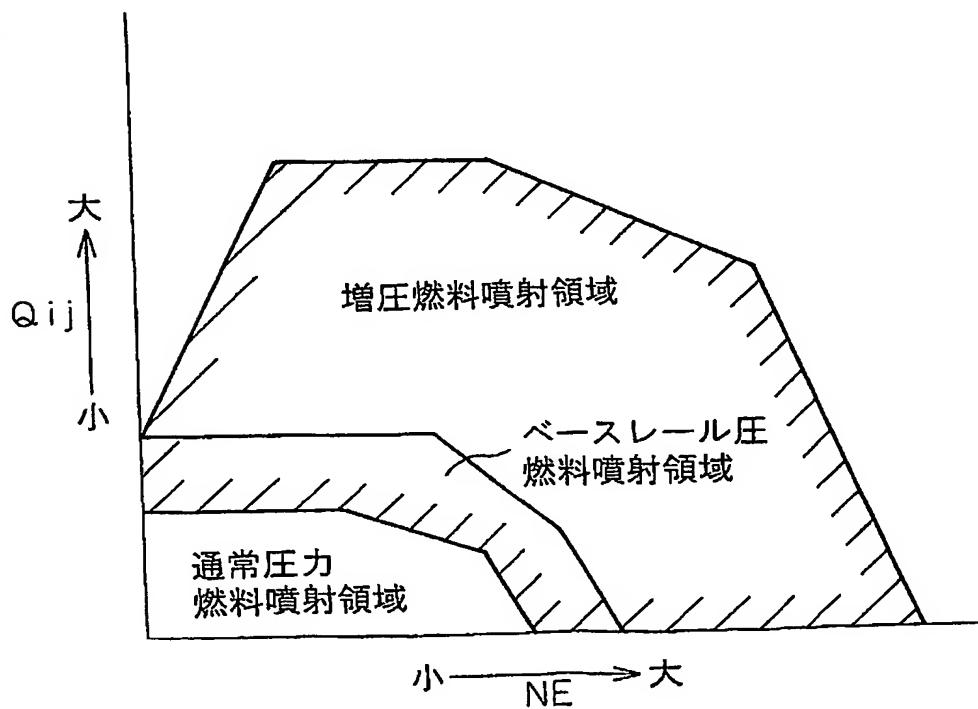
【図8】

図8



【図9】

図9



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 増圧燃料噴射時の燃料噴射制御を簡素化する。

【解決手段】 機関1に増圧ユニット付燃料噴射弁10を設け、コモンレール3から燃料噴射弁に供給される燃料圧力を増大する増圧燃料噴射を行う。ECU20は、機関燃料噴射量と機関回転数とをパラメータとする数値テーブルを用いて増圧開始から燃料噴射開始までの時間として定義される増圧時間を決定し、この増圧時間に基づいて燃料噴射期間、増圧開始時期などの燃料噴射制御パラメータを設定する。従来の通常圧力燃料噴射ではまず燃料噴射量と機関回転数とからコモンレール圧力を決定し、このコモンレール圧力に基づいて燃料噴射期間等の燃料噴射制御パラメータを決定していたため、燃料噴射中に燃料噴射圧力が変化する増圧燃料噴射では制御の複雑化が生じる場合がある。増圧時間に基づいて燃料噴射制御パラメータを設定するようにしたことにより、増圧燃料噴射時の制御が簡素化される。

【選択図】 図4

特願 2004-135088

出願人履歴情報

識別番号

[000003207]

1. 変更年月日

1990年 8月27日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町1番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.